

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Katsufumi EHATA

GAU: 2855

SERIAL NO: 10/812,887

EXAMINER:

FILED: March 31, 2004

FOR: METHOD AND APPARATUS FOR MEASURING COMPLEX DIELECTRIC CONSTANT OF DIELECTRIC

REQUEST FOR PRIORITY

COMMISSIONER FOR PATENTS
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date(s) of U.S. Provisional Application(s) is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e): Application No. Date Filed
- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
Japan	2003-096424	March 31, 2003
Japan	2003-283591	July 31, 2003
Japan	2003-283592	July 31, 2003
Japan	2003-283593	July 31, 2003
Japan	2004-059742	March 3, 2004

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. filed
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and
- ☐ (B) Application Serial No.(s)
☐ are submitted herewith
☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.

Marvin J. Spivak
Registration No. 24,913

Joseph A. Scafetta, Jr.
Registration No. 26, 803

Customer Number

22850

Tel. (703) 413-3000
Fax. (703) 413-2220
(OSMMN 05/03)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

10/812,887

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 3 月 3 1 日
Date of Application:

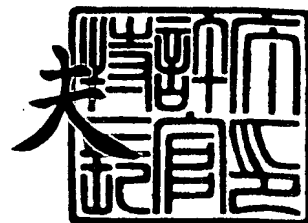
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 9 6 4 2 4
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 0 9 6 4 2 4]

願 人 T D K 株式会社
Applicant(s):

2 0 0 4 年 4 月 6 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 2 8 0 5 8

【書類名】 特許願

【整理番号】 99P05069

【提出日】 平成15年 3月31日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01R 27/06

【発明の名称】 粉体の比誘電率の測定方法、粉体の比誘電率を比較する方法および比誘電率の測定装置

【請求項の数】 11

【発明者】

【住所又は居所】 東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号 ティーディーケイ株式会社内

【氏名】 江畑 克史

【特許出願人】

【識別番号】 000003067

【氏名又は名称】 ティーディーケイ株式会社

【代理人】

【識別番号】 100081411

【弁理士】

【氏名又は名称】 三澤 正義

【電話番号】 03-3361-8668

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 007984

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 粉体の比誘電率の測定方法、粉体の比誘電率を比較する方法および比誘電率の測定装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 導波路内に比誘電率を測定すべき粉体を入れる段階と、
前記導波路内に電磁波を入射させて、その電磁波の応答により前記導波路内の前記粉体と、気体または液体とからなる混合体の比誘電率を測定する段階と、
前記混合体の比誘電率と前記混合体における前記粉体の体積比率とから前記粉体の比誘電率を算出する算出段階と、
を含むことを特徴とする粉体の比誘電率の測定方法。

【請求項 2】 前記算出段階では、下式：

$$\log \epsilon = v_1 \log \epsilon_1 + v_2 \log \epsilon_2$$

ただし、

ϵ : 混合体の比誘電率

ϵ_1 : 気体または液体の比誘電率

ϵ_2 : 粉体の比誘電率

v_1 : 気体または液体の体積比率

v_2 : 粉体の体積比率

を用いることにより、前記粉体の比誘電率を算出することを特徴とする請求項 1 記載の粉体の比誘電率の測定方法。

【請求項 3】 前記算出段階では、下式：

$$\epsilon^k = v_1 \epsilon_1^k + v_2 \epsilon_2^k$$

ただし、

ϵ : 混合体の比誘電率

ϵ_1 : 気体または液体の比誘電率

ϵ_2 : 粉体の比誘電率

v_1 : 気体または液体の体積比率

v_2 : 粉体の体積比率

k : フィッティングパラメータ ($-1 \leq k \leq 1$)

を用いることにより、前記粉体の比誘電率を算出することを特徴とする請求項 1 記載の粉体の比誘電率の測定方法。

【請求項 4】 前記算出段階では、下式：

$$1 / (\epsilon + u) = v_1 / (\epsilon_1 + u) + v_2 / (\epsilon_2 + u)$$

ただし、

ϵ : 混合体の比誘電率

ϵ_1 : 気体または液体の比誘電率

ϵ_2 : 粉体の比誘電率

v_1 : 気体または液体の体積比率

v_2 : 粉体の体積比率

u : フィッティングパラメータ ($0 \leq u$)

を用いることにより、前記粉体の比誘電率を算出することを特徴とする請求項 1 記載の粉体の比誘電率の測定方法。

【請求項 5】 前記導波路は、同軸型導波路であることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれかに記載の粉体の比誘電率の測定方法。

【請求項 6】 前記導波路は、方形導波管型導波路であることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれかに記載の粉体の比誘電率の測定方法。

【請求項 7】 前記導波路は、円形導波管型導波路であることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれかに記載の粉体の比誘電率の測定方法。

【請求項 8】 前記導波路は、前記気体または前記液体を保持するシール部を備えたことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 7 のいずれかに記載の粉体の比誘電率の測定方法。

【請求項 9】 前記混合体における前記粉体の体積比率が 0.32 ~ 0.42 に設定されるとともに、前記電磁波の周波数が 0.1 GHz 以上であることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 8 のいずれかに記載の粉体の比誘電率の測定方法。

【請求項 10】 粉体と、気体と液体とからなる複数種の混合体であり、前記粉体の種類が異なりかつ体積比率が同一である各々の混合体を、それぞれ導波路にいれ、前記導波路に電磁波を入射させその電磁波の応答により、前記混合体の比誘電率をそれぞれ測定し、各混合体の比誘電率の大きさを比較することにより

、複数の粉体の比誘電率を比較する方法。

【請求項 1 1】 比誘電率を測定すべき粉体と、気体または液体とからなる混合体が内部に充填された際に前記混合体を保持するシール部を備えた導波路を含む比誘電率の測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、誘電体物質の誘電特性評価法に関し、特に、粉体状の誘電体物質の誘電特性を高周波で評価する方法、複数の粉体の比誘電率を比較する方法および比誘電率の測定装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

各種無線装置の需要増に伴い、より高性能な高周波用セラミックス誘電体が求められている。一般に、セラミックス誘電体は、その粉体状の材料を焼成することにより得られた焼成品の状態で使用されるか、そのまま粉体の状態で使用される。また、これらと樹脂などとを種々の比率で混合して誘電率を変化させた複合誘電体が回路部品として用いられる。従って、高周波用セラミックス誘電体の開発においては、その誘電特性を粉体の状態で評価する技術が求められている。

【0 0 0 3】

従来においては、一定の間隔を置いて対向する 1 対の電極が配置された容器内に、比誘電率を測定すべき粉体を入れ、電極間に電圧を加えて、粉体と空気の混合体の比誘電率を測定していた。そして、測定した比誘電率に対数混合則またはリヒトネッカロータの式を適用して粉体の比誘電率を求めていた（例えば、特許文献 1）。また、液体を使用して、粉体と液体との混合体の比誘電率を測定し、測定した比誘電率に対数混合則などの式を適用して粉体の比誘電率を求めていた（例えば、特許文献 2）。

【0 0 0 4】

【特許文献 1】

特許第 3 2 4 6 0 0 1 号（段落 [0 0 1 2] — [0 0 1 8]、図 1）

【特許文献 2】

特許第 3 1 2 7 6 2 3 号（段落 [0 0 1 2] - [0 0 1 8]、図 1）

【 0 0 0 5 】**【発明が解決しようとする課題】**

しかしながら、従来技術において使用されている測定装置では、集中定数回路が形成されるため、測定周波数における波長に比べて測定装置を十分に小さくする必要があった。従って、1 M H z 程度の周波数領域で測定することは可能であったが、数 G H z 以上の周波数領域では測定できなかった。これは、測定装置を十分に小さくすることができなかったからである。

【 0 0 0 6 】

本発明は、上記の問題を解決するものであり、測定すべき粉体を分布定数回路が形成される導波路内に入れ、導波路に入射される電磁波の応答により気体または液体と、粉体との混合体の比誘電率を測定することにより、数 G H z 以上の高い周波数においても粉体の比誘電率を測定することができる方法を提供するものである。また、気体または液体と、粉体との混合体を使用して粉体の比誘電率を測定する場合に、混合体が導波路から漏れ出さないで粉体の比誘電率を測定することができる、粉体の比誘電率の測定方法を提供するものである。さらに、その測定方法に使用される比誘電率の測定装置を提供するものである。

【 0 0 0 7 】

また、混合体の混合率と混合体の比誘電率を、対数混合則またはリヒトネッカロータの式などに入れることにより、粉体の比誘電率を算出することができる方法を提供するものである。

【 0 0 0 8 】

さらに、一定の混合比における混合体の比誘電率を算出することにより、異なる試料間の比誘電率の大小を比較する方法を提供するものである。

【 0 0 0 9 】**【課題を解決するための手段】**

本発明は、導波路内に比誘電率を測定すべき粉体を入れる段階と、前記導波路内に電磁波を入射させて、その応答により前記導波路内の前記粉体と、気体また

は液体とからなる混合体の比誘電率を測定する段階と、前記混合体の比誘電率と前記混合体における前記粉体の体積比率とから前記粉体の比誘電率を算出する算出段階と、を含む粉体の比誘電率の測定方法であることを特徴とするものである。

。

【0010】

さらに本発明は、算出段階において、下式：

$$\log \epsilon = v_1 \log \epsilon_1 + v_2 \log \epsilon_2$$

ただし、

ϵ : 混合体の比誘電率

ϵ_1 : 気体または液体の比誘電率

ϵ_2 : 粉体の比誘電率

v_1 : 気体または液体の体積比率

v_2 : 粉体の体積比率

を用いることにより、粉体の比誘電率を算出することを特徴とするものである。

。

【0011】

さらに本発明は、算出段階において、下式：

$$\epsilon^k = v_1 \epsilon_1^k + v_2 \epsilon_2^k$$

ただし、

ϵ : 混合体の比誘電率

ϵ_1 : 気体または液体の比誘電率

ϵ_2 : 粉体の比誘電率

v_1 : 気体または液体の体積比率

v_2 : 粉体の体積比率

k : フィッティングパラメータ ($-1 \leq k \leq 1$)

を用いることにより、粉体の比誘電率を算出することを特徴とするものである。

。

【0012】

さらに本発明は、算出段階において、下式：

$$1 / (\epsilon + u) = v_1 / (\epsilon_1 + u) + v_2 / (\epsilon_2 + u)$$

ただし、

ϵ : 混合体の比誘電率

ϵ_1 : 気体または液体の比誘電率

ϵ_2 : 粉体の比誘電率

v_1 : 気体または液体の体積比率

v_2 : 粉体の体積比率

u : フィッティングパラメータ ($0 \leq u$)

を用いることにより、粉体の比誘電率を算出することを特徴とするものである。

。

【0013】

また本発明に使用される導波路は、同軸型導波路であることを特徴とするものである。

【0014】

また本発明に使用される導波路は、方形導波管型導波路であることを特徴とするものである。

【0015】

また本発明に使用される導波路は、円形導波管型導波路であることを特徴とするものである。

【0016】

さらに本発明に使用される導波路は、気体または液体を保持するシール部を備えたことを特徴とするものである。

【0017】

また本発明の粉体の比誘電率の測定方法において、混合体における粉体の体積比率が0.32～0.42に設定されるとともに、電磁波の周波数が0.1GHz以上であることを特徴とするものである。

【0018】

さらに本発明は、粉体と、気体と液体とからなる複数種の混合体であり、前記粉体の種類が異なりかつ体積比率が同一である各々の混合体を、それぞれ導波路

に、前記導波路に電磁波を入射させその電磁波の応答により、前記混合体の比誘電率をそれぞれ測定し、各混合体の比誘電率の大きさを比較することにより、複数の粉体の比誘電率を比較する方法であることを特徴とするものである。

【0019】

さらに本発明は、比誘電率を測定すべき粉体と、気体または液体とからなる混合体が内部に充填された際に混合体を保持するシール部を備えた導波路を含む比誘電率の測定装置であることを特徴とするものである。

【0020】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について、図1乃至図16を参照しつつ説明する。図1乃至図12は、本発明の第1の実施形態における粉体の比誘電率の測定方法に関する図である。図13は、本発明の第2の実施形態における粉体の比誘電率の測定方法に関する図である。図14は、第1および第2の実施形態において測定された粉体の比誘電率に関する図である。図15は、本発明の第3の実施形態における粉体の比誘電率の測定方法に関する図である。図16は、本発明の実施形態における誘電特性測定装置の構成を示すブロック図である。

【0021】

図1は、本発明の第1の実施形態にて測定装置として使用される同軸型導波路10の斜視図である。図2乃至図4は、第1の実施形態の同軸型導波路10を用いて測定された複合体の比誘電率の実測値と、その実測値に計算式を適用した結果を示す図である。図5乃至図7は、粉体の比誘電率を算出するために用いるグラフである。図8乃至図10は、各粉体の比誘電率を示す表である。図11は比誘電率の周波数依存性について測定した結果である。図12は、異なる材料の粉体の比誘電率の大きさを相対比較した表である。

【0022】

図13は、本発明の第2の実施形態にて測定装置として使用される方形導波管型導波路20の斜視図である。また、図14は、第2の実施形態の方形導波管型導波路20を用いて得られた混合体23の比誘電率と、第1の実施形態の同軸型導波路10を用いて得られた混合体13の比誘電率とを比較したグラフを表して

いる。

【0023】

図15は、本発明の第3の実施形態にて測定装置として使用される円形導波管型導波路30の斜視図である。

【0024】

図16は、本発明の実施形態において使用される誘電特性測定装置100の構成を表したブロック図である。この図16を参照しつつ、この誘電特性測定装置100について説明する。同図に示すように、誘電特性測定装置100は、導波装置101と、測定手段102とを含む。導波装置101には、本発明の実施形態において使用される導波路が使用される。また、測定手段102は、ネットワークアナライザー103と、演算処理装置104とを含んでいる。この測定手段102は、導波装置101を励振させると共に、導波装置101の出力信号を解析する。

【0025】

ネットワークアナライザー103は、導波路で構成されている導波装置101に入力する電磁波を発生させ、導波装置101から供給されたアナログデータをデジタル処理する。また、演算処理装置104は、ネットワークアナライザー103から供給されるデジタルデータを取り込み、誘電特性測定および出力のための処理を行う。

【0026】

次に、誘電特性測定装置100を用いた誘電特性測定方法を説明する。ネットワークアナライザー103から導波装置101に高周波電磁波を入射して、導波装置101を励振させる。そして、導波装置101の透過波および反射波をネットワークアナライザー103に供給する。ネットワークアナライザー103からの出力データを演算処理装置104に取り込み、混合体の比誘電率を計算する。

【0027】

このようにして得られた粉体と、気体または液体との複合体の比誘電率 ϵ を、対数混合則、リヒトネッカロータの式またはウイナーの式のような混合材料の比誘電率を算出する式に適用して、粉体の比誘電率を算出する。ここで、これらの

式について説明する。

【0028】

対数混合則は次に示す式によって表される。

【0029】

$$\log \epsilon = v_1 \log \epsilon_1 + v_2 \log \epsilon_2$$

また、リヒトネッカロータの式は次のように表される。

【0030】

$$\epsilon^k = v_1 \epsilon_1^k + v_2 \epsilon_2^k$$

また、ウイナーの式は次のように表される。

【0031】

$$1 / (\epsilon + u) = v_1 / (\epsilon_1 + u) + v_2 / (\epsilon_2 + u)$$

ここで、

ϵ ：混合体の比誘電率

ϵ_1 ：気体または液体の比誘電率

ϵ_2 ：粉体の比誘電率

v_1 ：気体または液体の体積比率

v_2 ：粉体の体積比率

k ：フィッティングパラメータ ($-1 \leq k \leq 1$)

u ：フィッティングパラメータ ($0 \leq u$)

【0032】

これらの式が用いられることにより、粉体の比誘電率 ϵ_2 が計算される。例えば気体として空気を使用して、粉体と空気との混合体の比誘電率 ϵ から粉体の比誘電率 ϵ_2 を求める場合、これらの式において空気の比誘電率 ϵ_1 は「1.0」と既知であり、また、空気の体積比率 v_1 および粉体の体積比率 v_2 は、それぞれ導波路の空間に入れる粉体の量により決まる。従って、粉体と空気の混合体の比誘電率 ϵ がわかれば、粉体の比誘電率 ϵ_2 を求めることができる。

【0033】

次に、本発明の実施の形態について説明する。まず、第1の実施の形態について説明する。

【0034】

[第1の実施形態]

(構成)

図1を参照しつつ、本発明の第1の実施形態において使用される導波装置について説明する。同図に示されているように、第1の実施形態に使用される導波装置には同軸型導波路10が用いられている。この同軸型導波路10は、内部が空洞となっている円筒型の外部導体11と、その外部導体11の内部の中心部分に配置されている円柱状の中心導体12とから構成されている。この第1の実施形態における同軸型導波路10の具体的な寸法は、外部導体11の内径が7.00mmで中心導体12の直径が3.04mmとなっている。そして、測定対象となる粉体と、気体または液体との混合体13は、外部導体11と中心導体12との間に入れられることにより、同軸型導波路10の内部に充填される。尚、第1の実施形態においては、気体として空気を使用した。従って、混合体13は、測定すべき粉体と空気とからなる。また、本実施形態においては、同軸型導波路10の内部に充填された状態での混合体13の厚さは約20mmとなる。

【0035】

尚、空気と異種の気体（例えばArガス、N₂ガス）または液体を使用して、その気体または液体と、粉体とからなる混合体13の比誘電率 ϵ を測定する場合は、その気体または液体が外部導体11と中心導12との間から流れ出さないように、同軸型導波路10にその気体または液体を保持するためのシール部が設けられる。

【0036】

以上の同軸型同波路10を用いて測定する試料として、本実施形態においては、3種類のセラミックス材料（Al₂O₃セラミックス、Ba(MgTa)O₃セラミックス、TiO₂セラミックス）の粉体を用意した。そして、各粉体と空気との混合体13を作製し、前述した誘電特性測定装置100を用いて各粉体と空気との混合体13の比誘電率を測定した。また、後述する第2の実施形態の方形導波管型導波路20を用いて混合体の比誘電率を測定した結果と比較するために、Ba(Nd, Bi)₂Ti₅O₁₄セラミックスについても測定した。この

比較した結果については第2の実施形態について説明する際に説明する。この第1の実施形態においては、周波数が5GHzの電磁波を各混合体13に入射させ、その応答により比誘電率を測定した。混合体13における粉体の体積比率を0.32～0.42の間で変化させ、各混合体13の比誘電率を測定した。

【0037】

このようにして得られた粉体と空気との混合体13の比誘電率 ϵ が、前述した対数混合則、リヒトネッカロータの式またはウイナーの式に適用される。図2乃至図4に、第1の実施形態の同軸型導波路10を用いて測定された各混合体13の比誘電率の実測値と、その実測値に計算式を適用した結果を示す。これらの図に示されている曲線は、混合体13の比誘電率の各実測値を最小二乗法により各式にフィッティングさせて求めたものである。図2は、各混合体13の比誘電率の実測値と、その実測値に対数混合則を適用した結果を示す図である。図3は、各混合体13の比誘電率の実測値と、その実測値にリヒトネッカロータの式を適用した結果を示す図である。図4は、各混合体13の比誘電率の実測値と、その実測値にウイナーの式を適用した結果を示す図である。

【0038】

そして、この測定結果を用いることにより粉体自体の比誘電率を類推することができる。図5乃至図7に、粉体の比誘電率を類推するためのグラフを示す。この粉体の比誘電率を類推するために、前述した対数混合則などの式を使用し、混合体13の比誘電率の各実測値を最小二乗法により各式にフィッティングさせて、粉体の比誘電率を類推するための曲線を算出した。そして、粉体の体積比率が「1.0」のときの空気と粉体との混合体の比誘電率 ϵ を算出することにより、空気と粉体の混合体における空気の存在を無視して、粉体自体の比誘電率 ϵ_2 を類推することができる。

【0039】

図5は、各混合体13の比誘電率の実測値を最小二乗法により混合対数則にフィッティングさせた結果を示す図である。図6は、各混合体13の比誘電率の実測値を最小二乗法によりリヒトネッカロータの式にフィッティングさせた結果を示す図である。図7は、各混合体13の比誘電率の実測値を最小二乗法によりウ

イナーの式にフィッティングさせた結果を示す図である。これらの図において、粉体の体積比率が「1.0」の比誘電率の値を読み取ることにより粉体自体の比誘電率を類推することができる。そして、図5乃至図7から求めた各粉体の比誘電率を図8乃至図10にまとめて示す。

【0040】

図8乃至図10は、図5乃至図7で示されている各式を適用して得られた各粉体の比誘電率と、焼結品の比誘電率とを比較した表である。図8は、実測値に対数混合則を適用して得られた各粉体の比誘電率を示す表である。図9は、実測値にリヒトネッカロータの式を適用して得られた各粉体の比誘電率を示す表である。図10は、実測値にウイナーの式を適用して得られた各粉体の比誘電率を示す表である。

【0041】

図8に示すように対数混合則を適用した結果、 Al_2O_3 セラミックスの焼結品の比誘電率は「11」であるのに対し、本発明の測定方法によって得られた結果は「14.1」となった。また、 $\text{Ba}(\text{MgTa})\text{O}_3$ セラミックスの焼結品の比誘電率は「24」であるのに対し、本発明の測定方法によって得られた結果は「33.9」となった。また、 TiO_2 セラミックスの焼結品の比誘電率は「104」であるのに対し、本発明の測定方法によって得られた結果は「185.8」となった。

【0042】

また、図9に示すようにリヒトネッカロータの式を適用した結果、 Al_2O_3 セラミックスの焼結品の比誘電率は「11」であるのに対し、本発明の測定方法によって得られた結果は「15.7」となった。また、 $\text{Ba}(\text{MgTa})\text{O}_3$ セラミックスの焼結品の比誘電率は「24」であるのに対し、本発明の測定方法によって得られた結果は「19.4」となった。また、 TiO_2 セラミックスの焼結品の比誘電率は「104」であるのに対し、本発明の測定方法によって得られた結果は「28.2」となった。

【0043】

また、図10に示すようにウイナーの式を適用した結果、 Al_2O_3 セラミッ

クスの焼結品の比誘電率は「11」であるのに対し、本発明の測定方法によって得られた結果は「8.75」となった。また、Ba(MgTa)O₃セラミックスの焼結品の比誘電率は「24」であるのに対し、本発明の測定方法によって得られた結果は「42.7」となった。また、TiO₂セラミックスの焼結品の比誘電率は「104」であるのに対し、本発明の測定方法によって得られた結果は「152.3」となった。

【0044】

以上の結果より、この第1の実施形態における同軸型導波路10を用いることにより、5GHzの周波数で粉体と空気とからなる混合体の比誘電率を測定することができ、さらに、その結果から粉体自体の比誘電率を推測することができる。

【0045】

次に、図11に、混合体13の比誘電率の周波数依存性を調べた結果を示す。試料としてBa(Nd, Bi)₂Ti₅O₁₄を使用し、粉体と空気とからなる混合体13における粉体の密度を変えた場合の個々の密度に対する混合体13の比誘電率を測定した。そして、周波数領域を0.1～6GHzまで変化させて混合体13の比誘電率 ϵ を測定した。図11に示すように、この0.1～6GHzまでの周波数領域においては、混合体13の比誘電率は周波数に依存しないことがわかった。従って、第1の実施形態における同軸型導波路10を用いることにより、5GHz以外の周波数であっても、0.1～6GHzの間においては、5GHzで測定した場合と同様の結果を得ることが可能となる。

【0046】

次に、図2および図12を参照しつつ、異なる材料の粉体の比誘電率の大きさを相対比較する。まず、図2において混合体13における粉体の体積比率が、例えば「0.38」となる点の比誘電率を読み取る。その読み取った値を図12に示す。その結果、Al₂O₃セラミックスの読み取った値は「2.7」となり、Ba(MgTa)O₃セラミックスの読み取った値は「3.8」となり、TiO₂セラミックスの読み取った値は「7.3」となった。比誘電率の大小関係は、小さい順に、Al₂O₃セラミックス、Ba(MgTa)O₃セラミックス、T

SiO_2 セラミックスという順になる。それに対して焼結品の比誘電率の大小関係も、小さい順に、 Al_2O_3 セラミックス、 $\text{Ba}(\text{MgTa})\text{O}_3$ セラミックス、 TiO_2 セラミックスという順になる。

【0047】

従って、本発明の方法によって得られた各粉体の比誘電率の大小関係は、焼結品の比誘電率の大小関係と一致するため、異なる材料の粉体の比誘電率の大小関係の相対比較を本発明の方法によって行うことができる。

【0048】

尚、本実施形態においては、対数混合則を適用して得られた結果を用いて相対比較したが、本発明においてはそれに限られない。リヒトネッカロータの式またはウイナーの式を適用して得られた結果を用いて相対比較しても、同様の結果が得られる。また、粉体の体積比率を「0.38」としたが、この値に限られず他の体積比率を用いて比較しても同様の結果が得られる。

【0049】

[第2の実施の形態]

(構成)

次に、図13を参照しつつ、本発明の第2の実施形態において使用される導波装置について説明する。同図に示されているように、第2の実施形態に使用される導波装置には方形導波管型導波路20が用いられている。この方形導波管型導波路20は、導体21によって構成されており、その導体21には断面が矩形状の空隙22が形成されている。そして、測定対象となる粉体と、気体または液体との混合体23はその空隙22に入れられることにより、方形導波管型導波路20の内部に充填される。尚、第2の実施形態においても、気体として空気を使用した。従って、混合体23は、測定すべき粉体と空気とからなる。

【0050】

また、前述した第1の実施形態の同軸型導波路10と同様に、空気以外の気体または液体を使用して、その気体または液体と、粉体とからなる混合体23の比誘電率 ϵ を測定する場合は、その気体または液体が空隙22から流れ出さないように、方形導波管型導波路20にその気体または液体を保持するためのシール部

が設けられる。

【0051】

この第2の実施形態においても、前述した第1の実施形態と同様に、粉体として3種類のセラミックス材料 (Al_2O_3 セラミックス、 $\text{Ba}(\text{MgTa})\text{O}_3$ セラミックス、 TiO_2 セラミックス) の粉体を用いて、各粉体と空気との混合体23を作製した。そして、前述した誘電特性測定装置100を用いて各粉体と空気との混合体23の比誘電率を測定した。また、前述した第1の実施形態の同軸型導波路10の測定結果と比較するために、 $\text{Ba}(\text{Nd}, \text{Bi})_2\text{Ti}_5\text{O}_{14}$ セラミックスについても測定した。この第2の実施形態においては、周波数が20GHzの電磁波を各混合体23に入射させ、その応答により比誘電率を測定した。そして、前述した第1の実施形態と同様に、混合体23における粉体の体積比率を変化させ、各混合体23の比誘電率を測定した。

【0052】

このようにして得られた粉体と空気との混合体23の比誘電率 ϵ が、前述した対数混合則、リヒトネッカロータの式またはウイナーの式に適用される。そして、この第2の実施形態で得られた比誘電率と、第1の実施形態で得られた比誘電率とを比較した。その比較した結果を図14に示す。図14は、この第2の実施形態の方形導波管型導波路20を用いて得られた混合体23の比誘電率と、第1の実施形態の同軸型導波路10を用いて得られた混合体13の比誘電率とを比較したグラフを表している。

【0053】

図14において、破線は第2の実施形態で使用された方形導波管型導波路20によって測定された混合体23の比誘電率を表している。一方、実線は第1の実施形態で使用された同軸型導波路10によって測定された混合体13の比誘電率を表している。図14に示すように、方形導波管型導波路20を用いて測定された各混合体の比誘電率は、同軸型導波路10を用いて測定された各混合体の比誘電率にほぼ一致しているのがわかる。従って、この第2の実施形態の方形導波管型導波路20を用いることにより、同軸型導波路10と比較して、さらに高周波領域においても粉体の比誘電率を測定することができる。また、前述した第1の

実施形態と同様に、この第2の実施形態においても、異なる粉体の比誘電率の大小を相対比較することが可能である。

【0054】

さらに、図15に示すような円形導波管型導波路30を用いて粉体の比誘電率を測定してもよい。この円形導波管型導波路30は、内部が空隙32になっている円筒型の外部導体31によって構成されている。そして、測定対象となる粉体と、液体または気体とからなる混合体33はその空隙32に入れられることにより、円形導波管型導波路30の内部に充填される。また、前述した第1および第2の実施形態の導波路と同様に、空気以外の気体または液体を使用して、その気体または液体と、粉体とからなる混合体33の比誘電率 ϵ を測定する場合は、その気体または液体が空隙32から流れ出さないように、円形導波管型導波路30にその気体または液体を保持するためのシール部が用いられる。

【0055】

そして、円形導波管型導波路30を用いることにより、前述した第1の実施形態と第2の実施形態と同様に、混合体33の比誘電率 ϵ を測定する。そして、前述した対数混合則、リヒトネッカロータの式またはウイナーの式をその実測値に適用することにより、各粉体の比誘電率を類推することができる。この円形導波管型導波路30によって得られた混合体の比誘電率を用いても、前述した第1の実施形態と同様に、異なる粉体の比誘電率の大小を比較することができる。

【0056】

【発明の効果】

本発明によると、分布定数回路が形成される導波路を用いて粉体と、気体または液体とからなる混合体の比誘電率を測定することにより、数GHz以上の周波数領域においても混合体の比誘電率を測定することができ、各粉体の比誘電率を類推することが可能となる。

【0057】

さらに本発明の方形導波管型導波路を使用した粉体の比誘電率の測定方法によると、数十GHz以上の周波数領域においても粉体の比誘電率を測定することができるため、同軸型導波路と比較してさらに高い周波数領域で粉体の比誘電率を

測定することができる。

【0058】

さらに本発明によると、一定の混合比における混合体の比誘電率を算出することにより、異なる試料間の比誘電率の大小を相対的に比較することが可能となる。

【0059】

さらに、本発明によると、導波路内に粉体と、気体または液体とからなる混合体を保持するシール部を備えることにより、粉体と、気体または液体とからなる混合体が導波路から漏れ出すことなく、混合体の比誘電率を測定することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

第1の実施形態において測定装置として使用される同軸型導波路10の斜視図である。

【図2】

第1の実施形態で測定された複合体13の比誘電率の実測値と、その実測値に対数混合則を適用した結果を示すグラフである。

【図3】

第1の実施形態で測定された複合体13の比誘電率の実測値と、その実測値にリヒトネッカロータの式を適用した結果を示すグラフである。

【図4】

第1の実施形態で測定された複合体13の比誘電率の実測値と、その実測値にウイナーの式を適用した結果を示すグラフである。

【図5】

第1の実施形態において、対数混合則を適用して粉体の比誘電率を算出するために用いるグラフである。

【図6】

第1の実施形態において、リヒトネッカロータの式を適用して粉体の比誘電率を算出するために用いるグラフである。

【図 7】

第 1 の実施形態において、ウィナーの式を適用して粉体の比誘電率を算出するために用いるグラフである。

【図 8】

第 1 の実施形態で測定された実測値に対数混合則を適用して得られた各粉体の比誘電率を示す表である。

【図 9】

第 1 の実施形態で測定された実測値にリヒトネッカロータの式を適用して得られた各粉体の比誘電率を示す表である。

【図 10】

第 1 の実施形態で測定された実測値にウィナーの式を適用して得られた各粉体の比誘電率を示す表である。

【図 11】

第 1 の実施形態に使用される同軸型導波路 10 を用いて、混合体の比誘電率の周波数依存性について測定した結果である。

【図 12】

第 1 の実施形態において、異なる材料の粉体の比誘電率の大きさを相対比較した表である。

【図 13】

第 2 の実施形態において測定装置として使用される方形導波管型導波路 20 の斜視図である。

【図 14】

第 1 の実施形態の同軸型導波路 10 を用いて得られた粉体の比誘電率と、第 2 の実施形態の方形導波管型導波路 20 を用いて得られた粉体の比誘電率とを比較したグラフである。

【図 15】

その他の実施形態の測定装置として使用される円形導波管型導波路 30 の斜視図である。

【図 16】

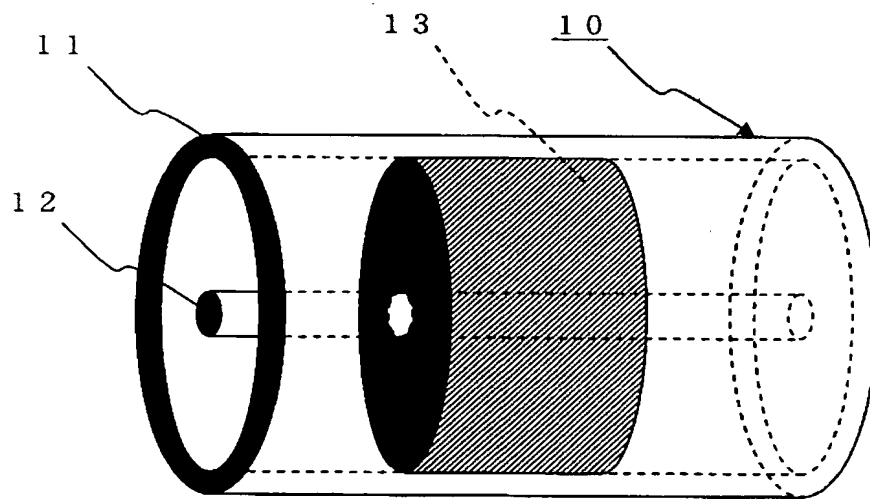
本発明の実施形態において使用される誘電特性測定装置 1 0 0 の構成を示したブロック図である。

【符号の説明】

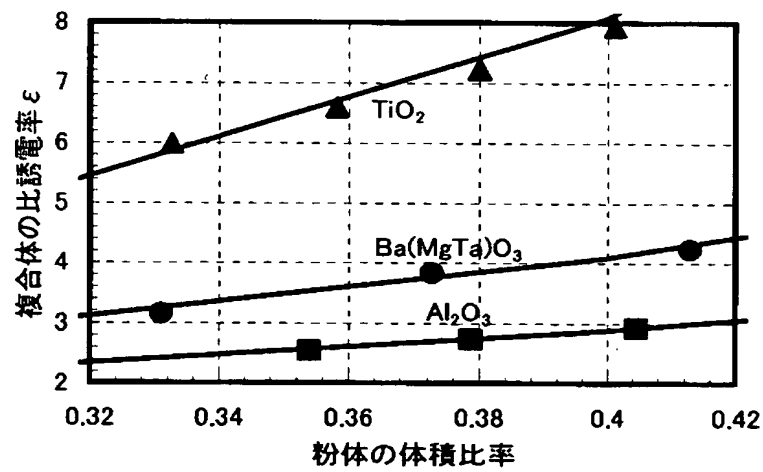
- 1 0 同軸型導波路
- 1 1、3 1 外部導体
- 1 2 中心導体
- 1 3、2 3、3 3 混合体
- 2 0 方形導波管型導波路
- 2 1 導体
- 2 2、3 2 空隙
- 3 0 円形導波管型導波路
- 1 0 0 誘電特性測定装置
- 1 0 1 導波装置
- 1 0 2 測定手段
- 1 0 3 ネットワークアナライザー
- 1 0 4 演算処理装置

【書類名】 図面

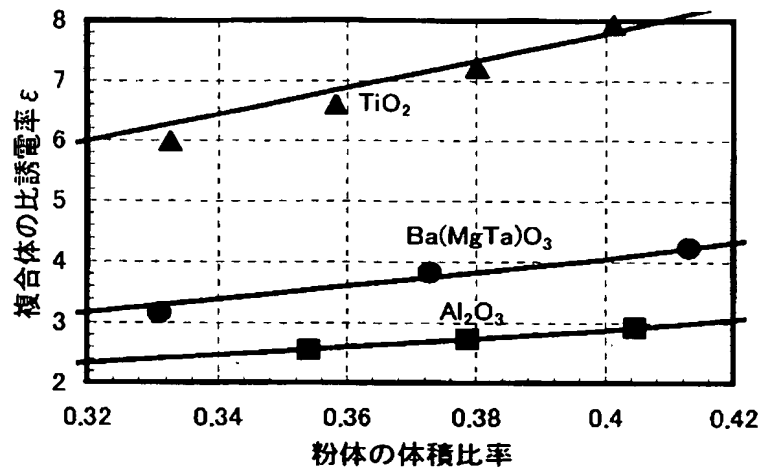
【図 1】



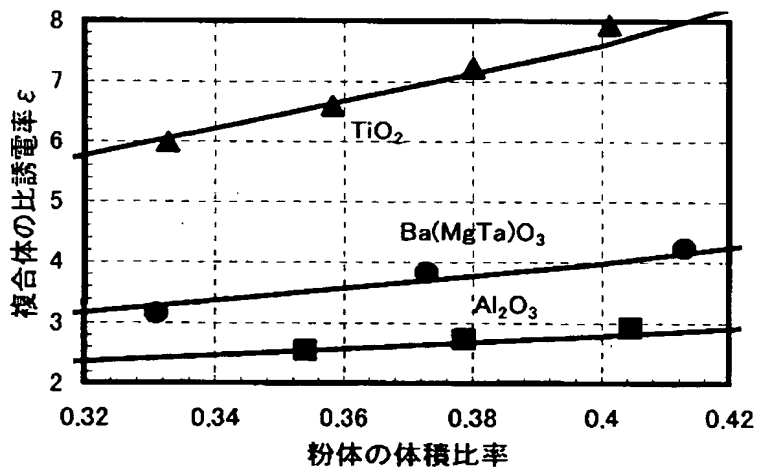
【図 2】



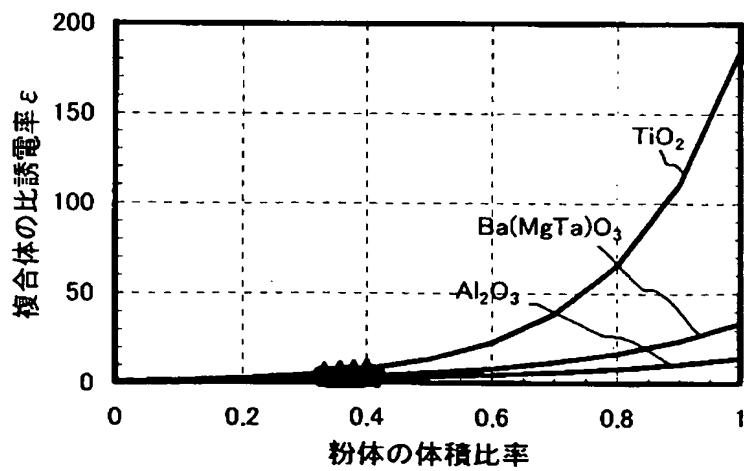
【図 3】



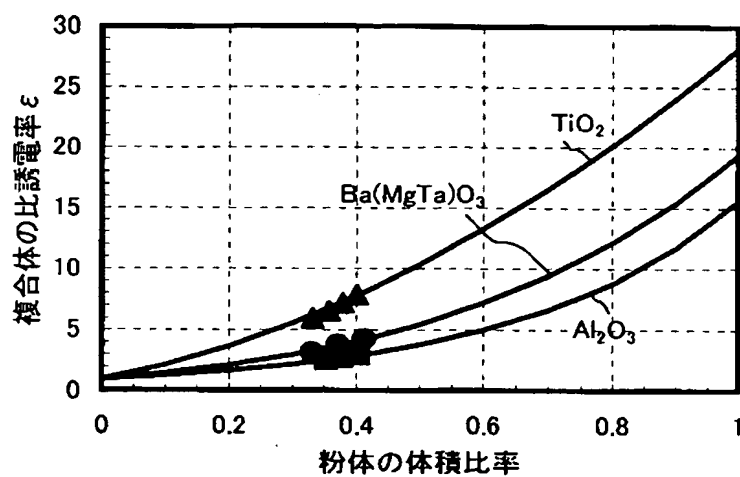
【図 4】



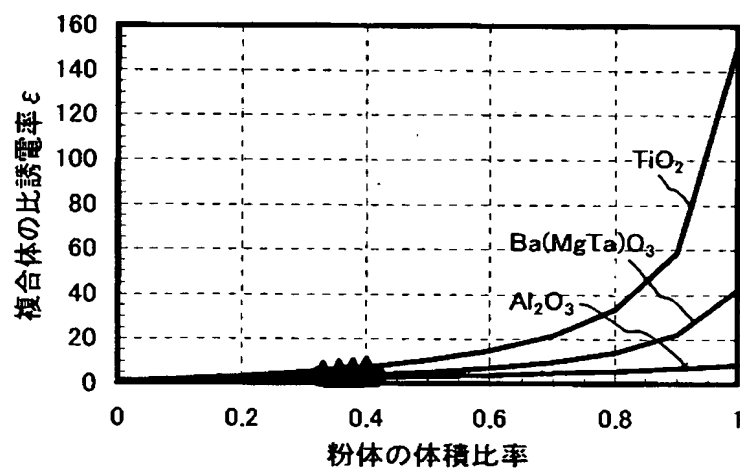
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【図 8】

種類	焼結品の比誘電率	測定値
Al_2O_3	11	14.1
$\text{Ba}(\text{MgTa})\text{O}_3$	24	33.9
TiO_2	104	185.8

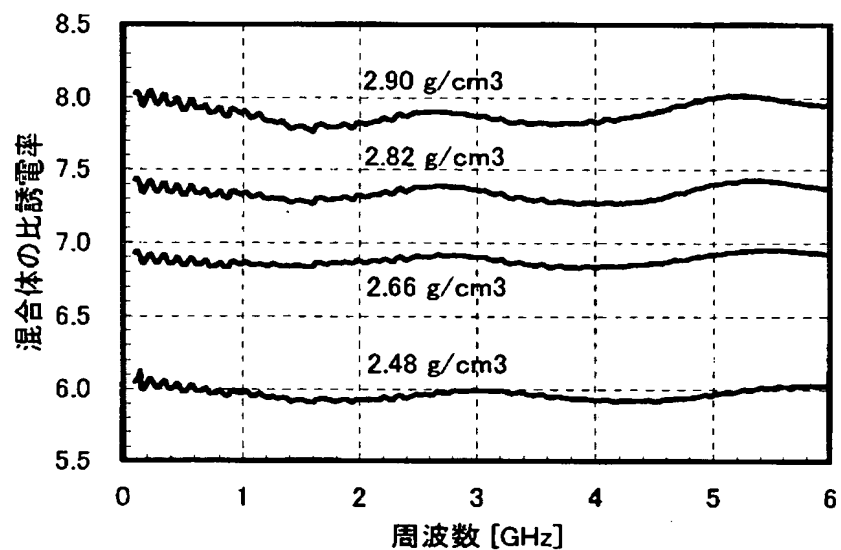
【図 9】

種類	焼結品の比誘電率	測定値
Al_2O_3	11	15.7
$\text{Ba}(\text{MgTa})\text{O}_3$	24	19.4
TiO_2	104	28.2

【図 10】

種類	焼結品の比誘電率	測定値
Al_2O_3	11	8.75
$\text{Ba}(\text{MgTa})\text{O}_3$	24	42.7
TiO_2	104	152.3

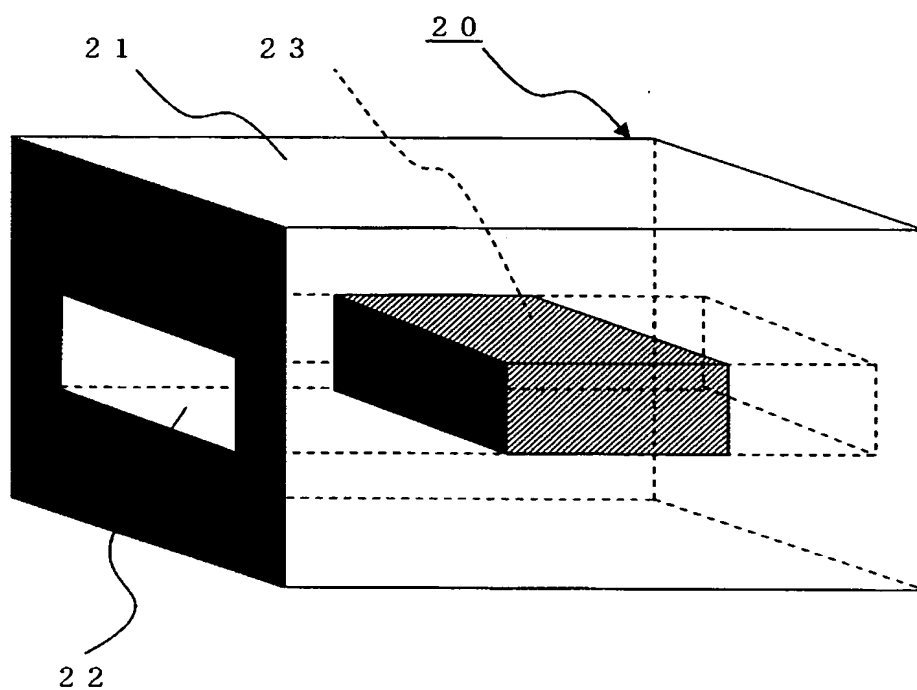
【図 11】



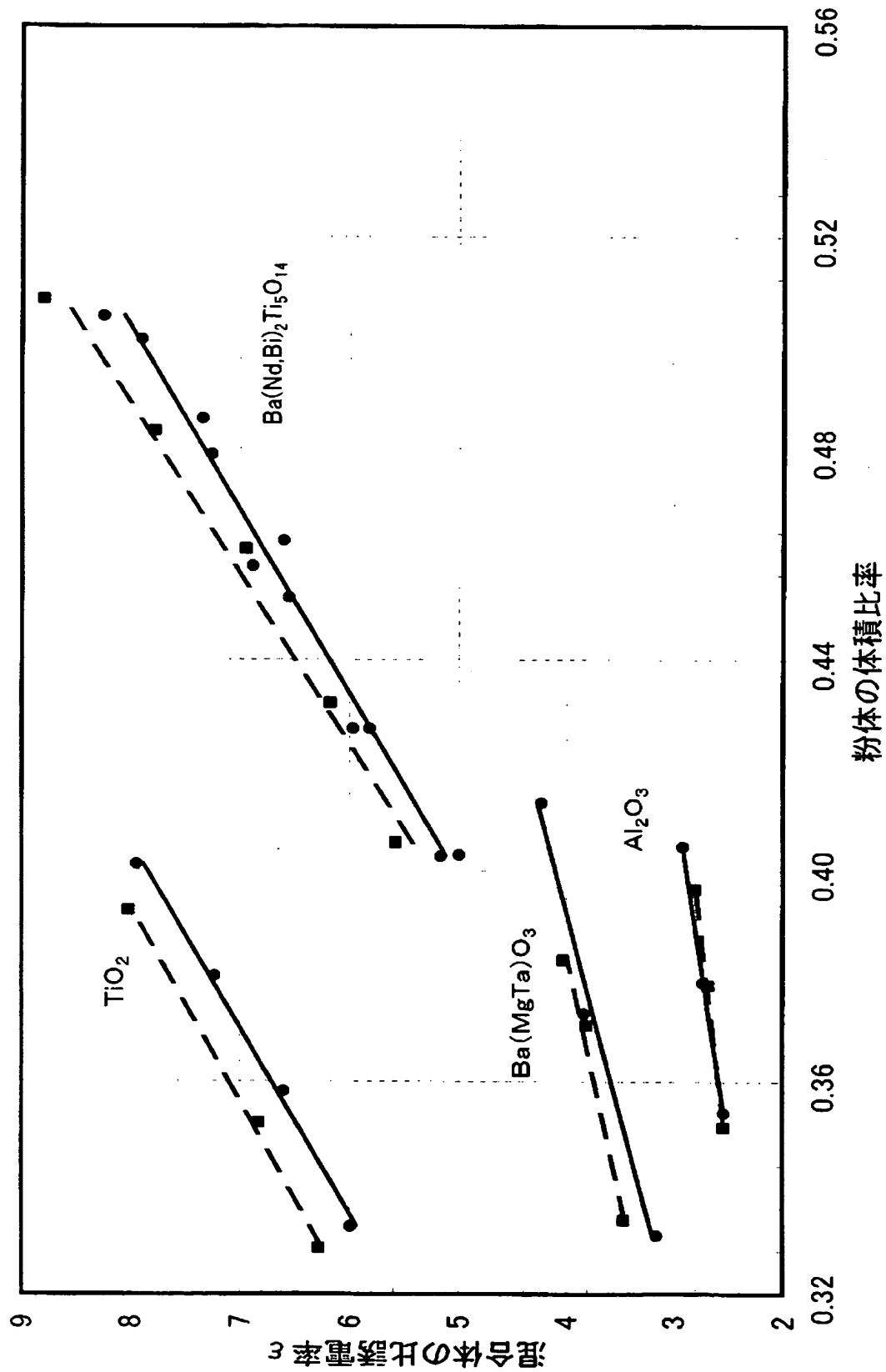
【図 12】

種類	焼結品の比誘電率	粉体の体積比が0.38のときの混合体の比誘電率
Al_2O_3	11	2.7
$\text{Ba}(\text{MgTa})\text{O}_3$	24	3.8
TiO_2	104	7.3

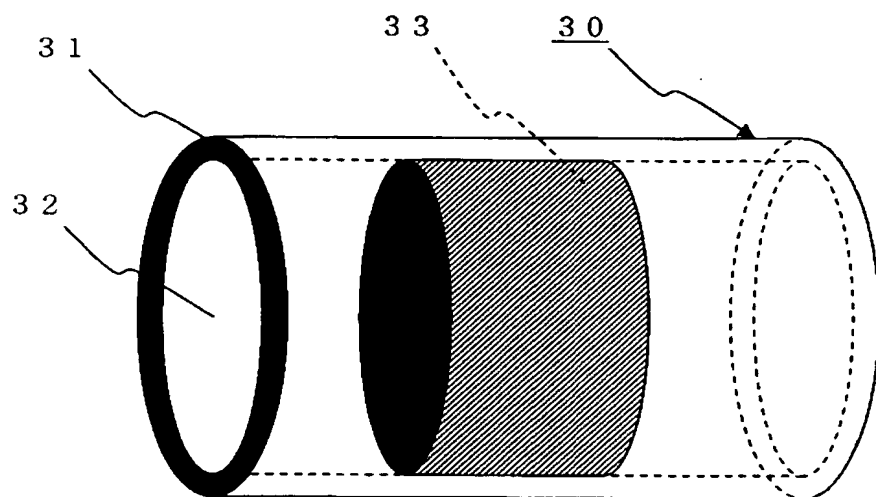
【図 13】



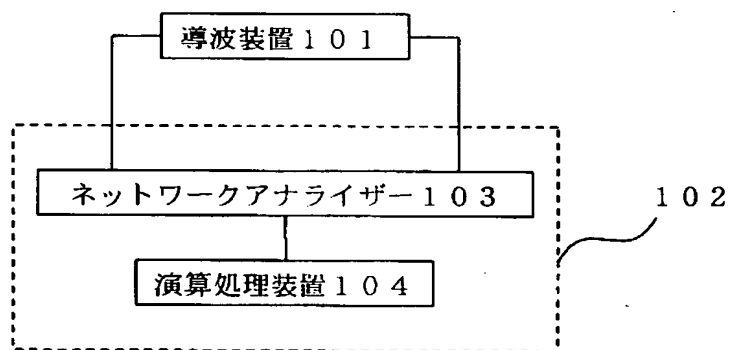
【図 14】



【図 15】



【図 16】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 数GHz以上の高い周波数においても粉体の比誘電率を測定することができる方法を提供するものである。

【解決手段】 同軸型導波路10は、内部が空洞となっている円筒型の外部導体11と、その外部導体11の内部の中心部分に配置されている円柱状の中心導体12とから構成されている。粉体と空気の混合体13は、外部導体11と中心導体12との間に入れられることにより、同軸型導波路10の内部に充填される。混合体13における粉体の体積比率を変化させ、数GHz以上の周波数を有する電磁波を各混合体13に入射させることにより、各混合体13の比誘電率を測定する。そして、対数混合則などの式を用いて粉体の比誘電率を算出する。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 3 - 0 9 6 4 2 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 3 0 6 7]

- | | |
|----------|--------------------------|
| 1. 変更年月日 | 1 9 9 0 年 8 月 3 0 日 |
| [変更理由] | 新規登録 |
| 住 所 | 東京都中央区日本橋 1 丁目 1 3 番 1 号 |
| 氏 名 | ティーディーケイ株式会社 |
| | |
| 2. 変更年月日 | 2 0 0 3 年 6 月 2 7 日 |
| [変更理由] | 名称変更 |
| 住 所 | 東京都中央区日本橋 1 丁目 1 3 番 1 号 |
| 氏 名 | T D K 株式会社 |

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.